

FINAL ER63 – PRINTEMPS 2018

NOM :

PRÉNOM :

Aucun document autorisé - Calculatrice autorisée - Dictionnaires numériques interdits

1. Exercice (3 points)

Un véhicule électrique à une caractéristique puissance (P en W) vitesse (v en km/h) ayant l'équation suivante : $P(v) = 2,5.v^2 - 19,7v$

On considère que la chaîne de traction du véhicule a un rendement de 90%.

Ce véhicule est équipé de 22 modules de batteries Ni-Cd (6V - 100 Ah) montés en série. La caractéristique de tension d'un accumulateur d'un module est donnée ci-dessous :

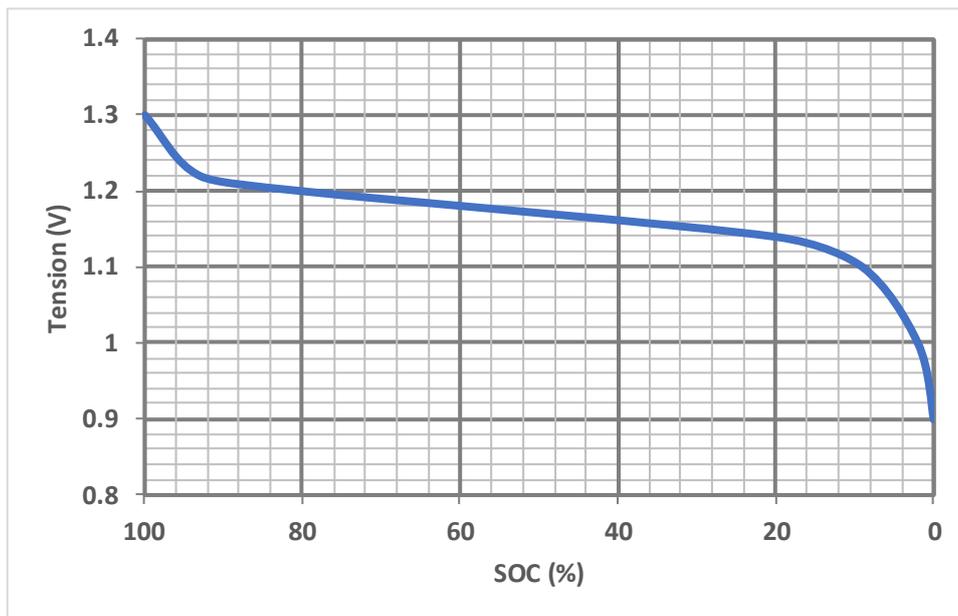


Figure 1 : Caractéristique de tension d'un accumulateur Ni-Cd

1.1 Quelle est l'énergie théorique utilisable de la batterie en Wh et en Joules ?

1.2 La batterie est utilisée avec un SoC variant de 100% à 20%. Quelle est l'autonomie (km) du véhicule à 50 km/h et à 90 km/h ?

1.3 On mesure une tension du pack batterie de 125,4 V au repos. A partir de la Figure 1 déterminez approximativement son SoC ?

2. Exercice 2 (9 points)

On souhaite réaliser le dimensionnement énergétique d'un pack de supercondensateurs pour la traction électrique d'un tramway autonome. Le schéma de principe simplifié est le suivant :

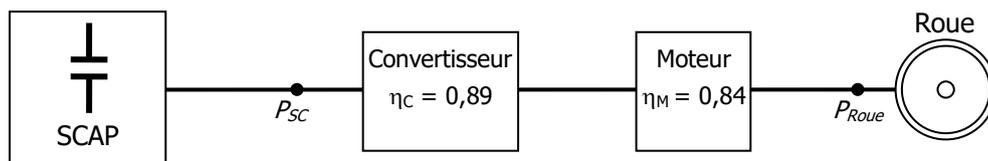


Figure 2 : schéma de principe du tramway

On considère le profil de puissance P_{roue} simplifié suivant établi sur un tronçon entre deux stations. La totalité de la puissance de freinage est réinjectée dans le pack de supercondensateurs.

- Phase 1 – segment [AB] : progression linéaire de la puissance de traction de 0 à 837 kW en 20 s ;
- Phase 2 – segment [CD] : freinage pendant 20 s, progression linéaire de la puissance de freinage de 477 kW à 80 kW.
- Phase 3 – segment [EF] : progression linéaire de la puissance de traction de 120 à 312 kW en 8 s ;
- Phase 4 – segment [GH] : freinage pendant 12 s, progression linéaire de la puissance de freinage de 277 kW à 0 kW.

Le pack de supercondensateurs utilisé a les caractéristiques suivantes :

- Capacité d'une cellule : 3000 F
- Tension maximale d'une cellule : 2,5 V
- Variation de tension de cellule tolérée : 50 % de la tension maximale
- Tension maximale du pack : 460 V
- Courant maximal par cellule : 250 A

- 2.1 Représenter sur le graphique en Figure 3 l'évolution temporelle de la puissance transmise par les roues. Représenter sur le même graphique avec une couleur différente la puissance au niveau du pack de supercondensateurs. Détailler les calculs pour chaque phase.

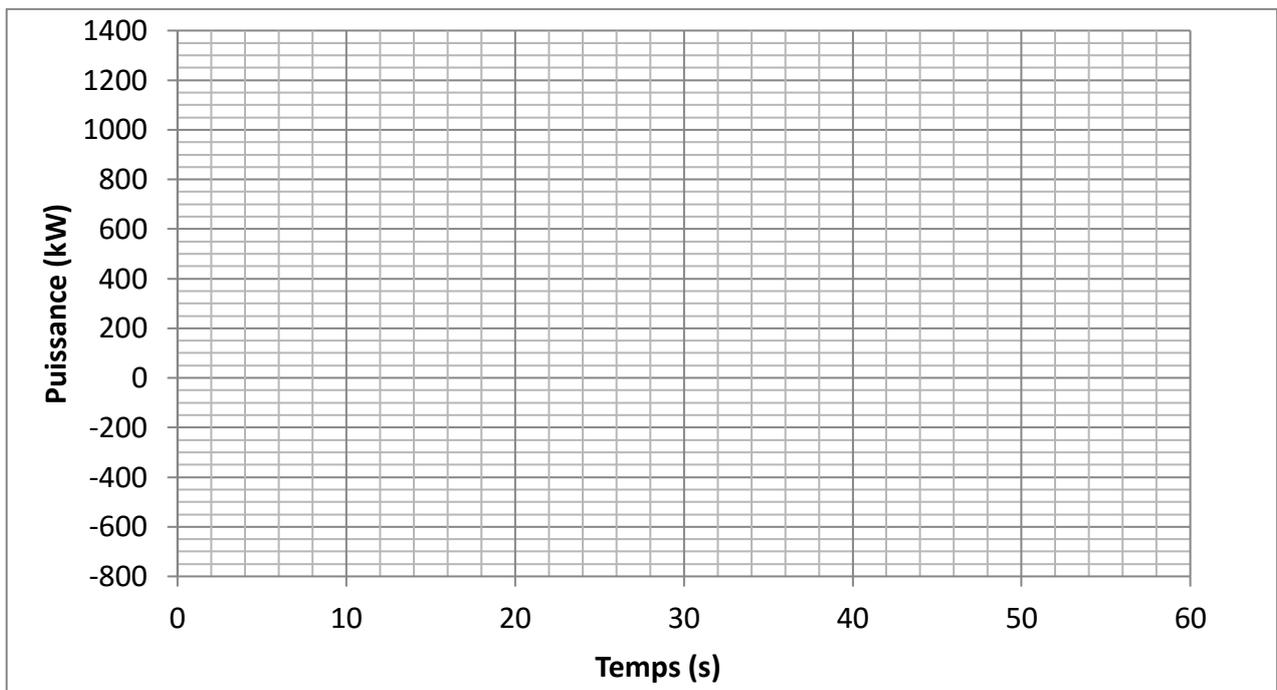
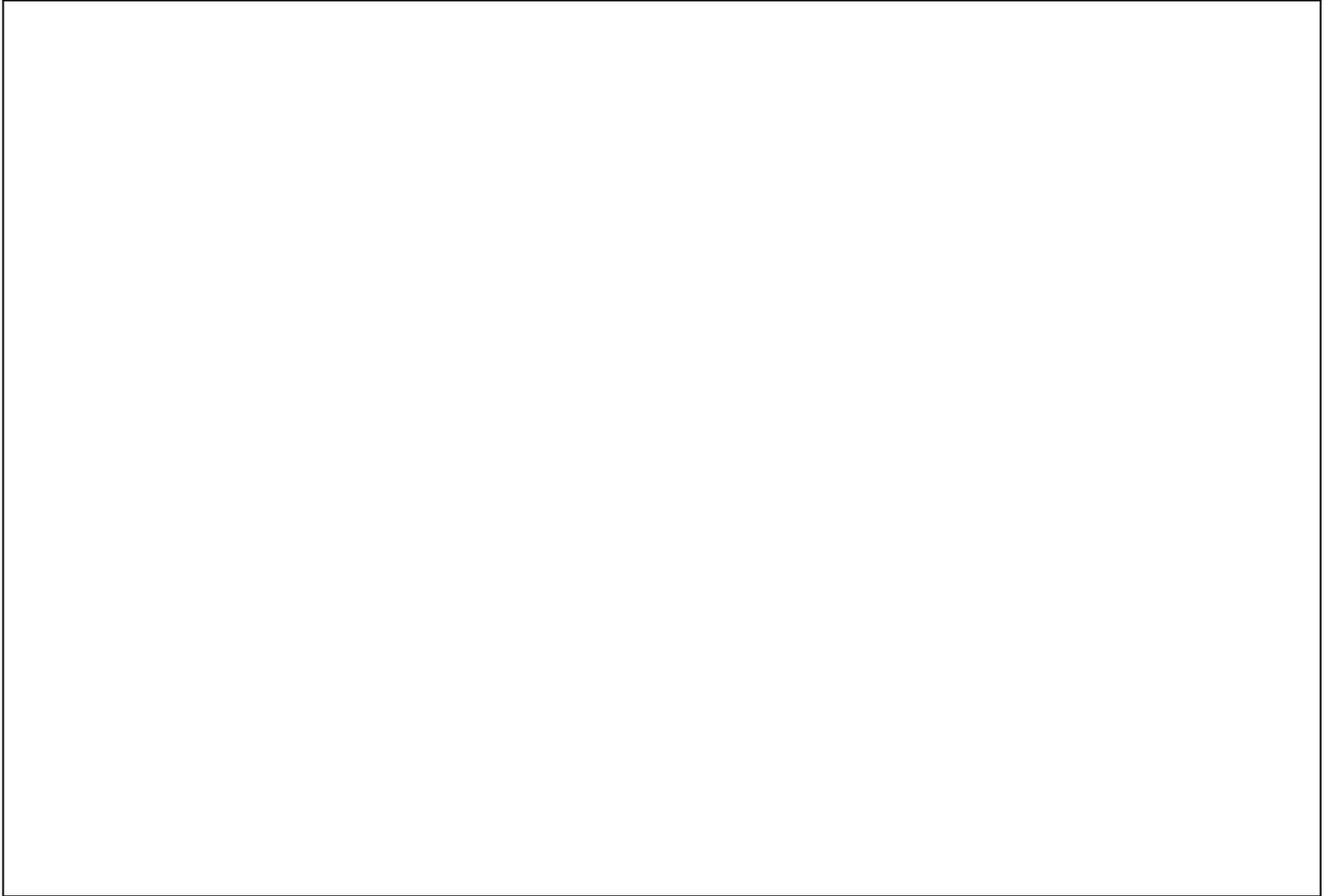


Figure 3 : puissances en fonction du temps

2.2 Représenter sur le graphique en Figure 4 la variation d'énergie aux bornes du pack de supercondensateurs en Wh. Détailler les calculs pour chaque phase.

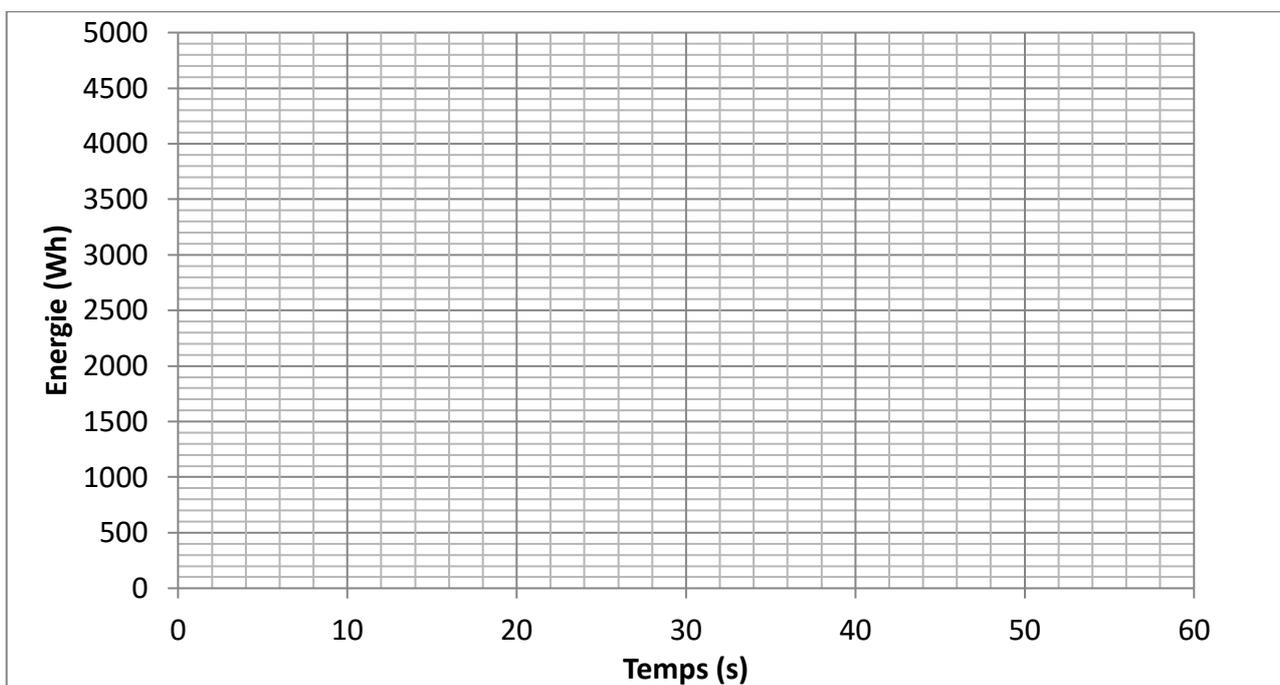
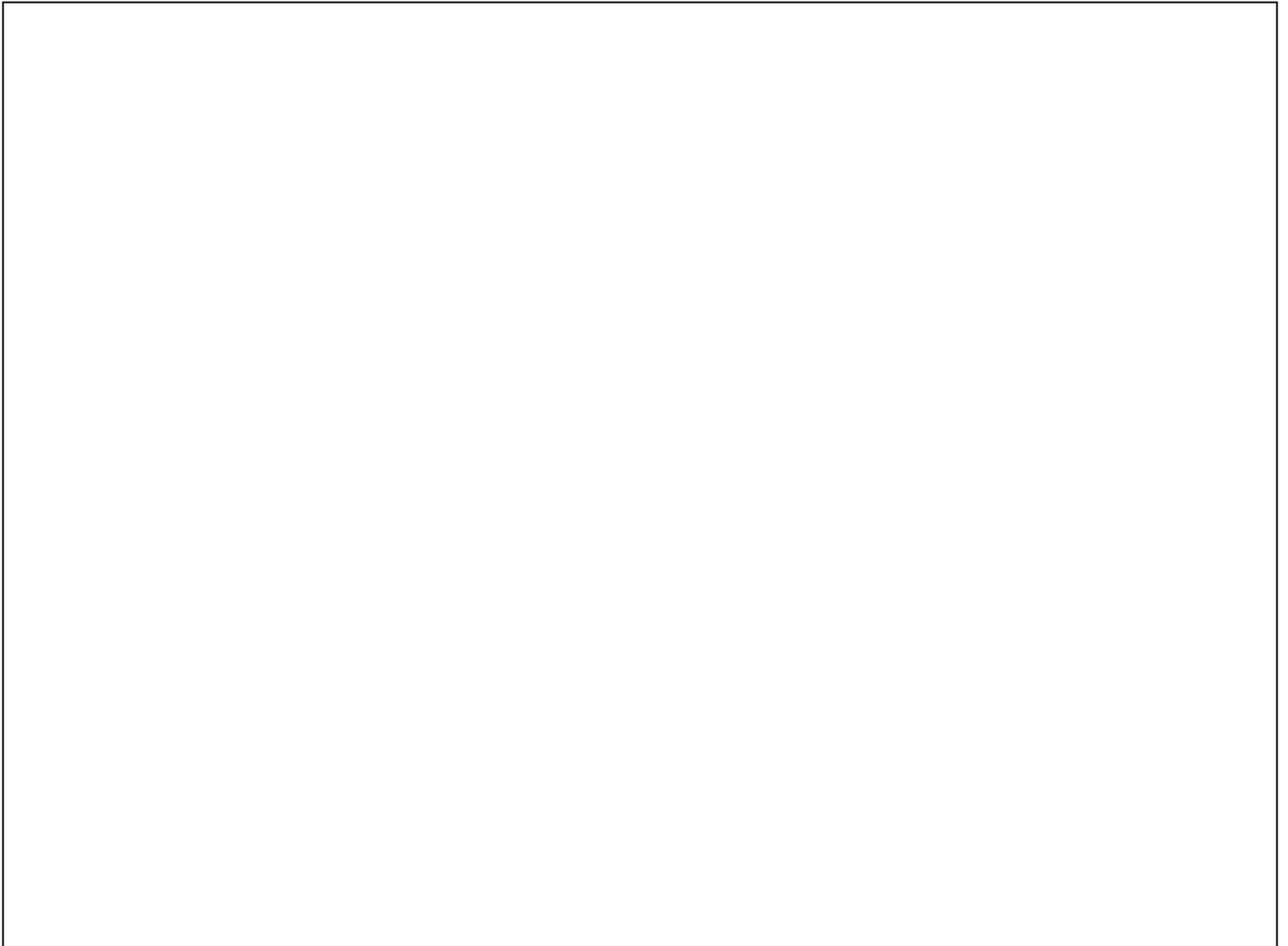


Figure 4 : variation d'énergie du pack de supercondensateurs

2.3 Calculer le nombre total de supercondensateurs à embarquer N_c , le nombre de cellules en série N_s , le nombre de branches en parallèle N_p et enfin la capacité totale équivalente C_{eq} du pack.

2.4 Sachant que le pack de supercondensateurs est chargé à son maximum au début du cycle, quelle sera sa tension à la fin du cycle ?

2.5 Que devrait-on faire en station pour pouvoir réaliser un autre cycle ?

3. Exercice 3 (4 points)

On propose d'étudier le dimensionnement d'un volant d'inertie de forme cylindrique associé à une machine électrique.

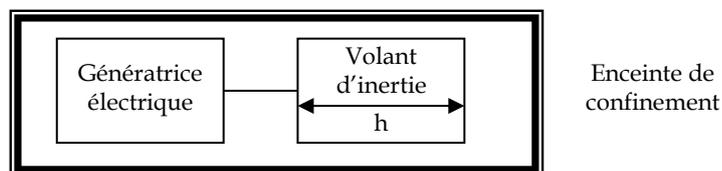


Figure 5 : schéma de principe du système volant d'inertie

Cahier des charges

- Fournir une puissance maximale de 180 kW pendant 12 secondes.

- On néglige toutes les pertes par frottement (vide dans l'enceinte et paliers magnétiques passifs).
- Hauteur du volant : $h = 14$ cm.
- Plage de vitesse de la machine électrique associée en fonctionnement générateur : 6 500 à 13 000 tr/min.
- Moment d'inertie du rotor de la machine électrique : $0,7$ kg.m²
- Calcul moment d'inertie volant d'inertie : $J = \frac{1}{2}mR^2$ en kg.m² avec R rayon du volant en m.
- Matériau du volant : Kevlar : densité volumique 1800 kg/m³
- Masse du moteur : 20 kg.
- Masse de l'enceinte et des composants annexes : 41 kg.
- Volume du système = 150 % de celui du volant.
- On néglige l'inertie de l'arbre de transmission entre le volant et la machine électrique.

3.1 Calculer la vitesse périphérique minimale et maximale du volant en m/s.

3.2 Déterminer l'énergie massique (Wh/kg), l'énergie volumique (Wh/L) et la puissance massique (W/kg) du système complet.

4. Questions de cours (4 points)

Pour chaque question, cochez la case OUI ou NON.

Bonne réponse : + 0,25 point. Mauvaise réponse : - 0,25 point. Pas de réponse : 0 point.

Question	OUI	NON
L'hydrogène est le combustible qui a le PCI le plus élevé		
Les biocarburants rejettent des gaz à effet de serre lors de leur combustion		
La densité d'énergie de l'air comprimé à 700 bars est inférieure à celle de l'essence		
La durée de vie de l'accumulateur dépend très fortement de la profondeur de décharge		
Les accumulateurs au plomb sont basés sur le principe de l'oxydoréduction		
Les STEP sont le moyen de stockage d'énergie le plus répandu au monde		
Le système de stockage par sels fondus permet à une centrale solaire thermique de produire de l'électricité la nuit		
Les supercondensateurs disposent d'une puissance massique faible		
Les systèmes de stockage magnétique d'énergie par bobines supraconductrices sont uniquement destinés aux applications stationnaires		
L'usage de l'hydrogène comme vecteur d'énergie, depuis sa production, son stockage et à sa consommation dans une pile à combustible a un rendement d'environ 30 à 40 %		
L'énergie disponible dans les batteries stationnaires à circulation « redox flow » dépend du volume des deux réservoirs d'électrolytes		
Les volants d'inertie pour le stockage d'énergie électrique ont une autodécharge supérieure aux accumulateurs Ni-Cd		
La principale source d'énergie primaire sur la Terre est l'énergie solaire		
Plus de 80% de la production d'énergie aujourd'hui est issue d'énergies fossiles carbonées		
L'augmentation des sources d'énergies renouvelables sur le réseau électrique doit nécessairement être associée à l'augmentation des moyens de stockage d'énergie électrique		
Les densités d'énergie et de puissance du système moteur à combustion interne + essence sont supérieures à celle du système pile à combustible + réservoir H ₂		